国家电网公司科学技术项目

**可行性研究报告**

|  |  |
| --- | --- |
| 项目名称： | 面向配电网设备互操作与即插即用关键技术的国产定制化芯片研究 |
| 申请单位： | 江苏省电力公司 |
| 起止时间： | 2020年8月至2022年7月 |

|  |  |
| --- | --- |
| 项目负责人： | XXX |
| 通信地址： | 南京奥体大街一号 |
| 邮政编码： | 210019 |
| 联系电话： | 025-84222703 |
| 传真： | 025-84222914 |
| 申请日期： | 2020年7月 |

1. **目的和意义**
   1. **项目背景**

**1.1.1 宏观背景**

在电网的建设和日常运维中，抵御日益频繁的自然灾害和外界干扰、降低运营成本、促进节能减排为未来电力系统重要的工作之一，这就要求电网必须提高其灵活性和兼容性,依靠智能化手段不断提高其安全防御能力和自愈能力。智能电网成为世界各国竞相发展的一个重点领域，发展智能电网是社会经济发展的必然选择。近年来，在国家政策的大力支持下，我国的智能电网建设进入了全面加快发展的新阶段。智能配电网是“能源互联网”建设的重要环节，它不仅服务于大电网，而且服务于电力终端用户，可以解决精确供能、电力需求侧管理、电网自由接入、多电源互动以及分散储能等问题。发展智能配电网对于促进我国战略性新兴产业发展和经济转型升级具有广泛的带动作用，对承载和推进国家“互联网+”智慧能源战略具有重要的意义。

经过几年的建设与实践，我国在电网智能化方面已取得了巨大成果，累计建设了29类287项试点项目，初步建设了涵盖范围广、建设规模大、推进速度快、应用效果好的多地区的试点智能电网体系。截至2014年底，国家电网公司共批复配电自动化项目84个，涉及76个城市，包括30个省会（计划单列市）城市和46个非省会城市，其中已验收项目63个，覆盖面积27013平方公里，涉及10千伏线路19124条（占城网的18.14%）、开关站2595座（占城网的6.87%）、环网柜21674座（占城网的13.72%）、配电室7319座（占城网的1.36%）、柱上开关51172台（占城网的17.33%）。配电自动化项目的建设有效提高了配电网的智能化水平，但是总体来说目前配电自动化系统建设与运维水平还有很大的提升空间。

2015年，国家发改委发布了《加快配电网建设改造指导意见》和《配电网建设改造行动计划（2015-2020年）》，计划通过实施配电网建设改造行动计划，提高配电网供电可靠性和供电质量，提升居民电气化水平，为加快推进我国城镇化进程提供切实有力的保障。配电自动化作为智能电网建设中的重要一环，在智能电网的发展大潮中也被注入了新的内涵，迎来新一轮建设的高潮。因此必须积极探索和实践智能电网建设新形势下的配电自动化发展理念和实现模式，建设先进、实用、开放、互动、稳定、可靠的配电自动化系统，实现故障的快速隔离、非故障区域快速恢复供电，提高配电网生产运行管理水平，并为下一阶段配电自动化的全面推广和应用积累经验，提供示范。

**1.1.2课题背景**

配电终端作为智能配电网的关键设备，通过通信系统完成相互之间以及与配电自动化主站之间的信息交互。配电自动化系统目前所使用的IEC60870-5-104、IEC60870-5-101等通信协议只解决了数据传输的问题，数据之间缺乏必要的关联和说明，常规配电自动化终端缺乏自描述能力，与配电自动化主站之间的数据传输需要人工进行数据点表的关联，**无法实现配电自动化终端即插即用，导致配电自动化施工、维护的工作量都非常大**。因此，开展具有自描述能力的配电终端技术研究十分的必要。目前配电自动化系统建设过程中，配电自动化终端设备的安装、调试及运维等方面存在以下问题：

**（1）设备自描述能力差**：配电自动化终端设备缺乏自描述功能，缺乏统一的功能和接口规范，无法利用标准的文件格式描述自身包含的数据与服务，各数据之间缺少必要的关联关系，需要人工通过书面文件的交流说明数据的具体来源和含义；

**（2）终端设备之间的互连、互换性差**：由于设备厂家众多、软件接口尚无统一标准，导致了不同厂商的设备难以实现互连互换；

**（3）设备安装调试、运行维护工作量巨大**：由于配电终端数量多、分布范围广，且无法实现即插即用和互连互换，因此目前配电自动化系统安装调试及运行维护工作量巨大、效率低下。

随着物联网技术，特别是基于无线传感网络技术的兴起，已经为这些问题的智能检测提供了可靠合理的解决办法。为了进一步推动配电网自动化的发展水平，就有必要进一步提升配电网智能性，通过增加边缘计算等新兴应用基础，进一步提高在配电网设备之间的数据交互，实现本地化的先进管理模式。

多代理系统（MAS）是一种可以适应环境变化的自治系统，它通过MAS代理相互协同来实现目标的控制，MAS技术可以用于解决拓扑接线复杂和参数差异较大的电网故障处理问题[37][38]。**基于MAS技术的智能配电网非正常状态故障处理算法逐渐成为讨论分析的热点，可以在馈线上安装负荷开关的前提下快速隔离故障并恢复非故障区的供电，为区别前述的几种模式，这种模式又简称为智能分布式模式。**与各种其他模式的故障处理模式算法一样，承载分布式控制算法的各个智能体之间需要进行信息共享与消息通信， IEC61850具有完整的数据对象建模方法与一致的服务接口[39]，这使得不同供应商的设备之间数据交互、功能联合与互操作成为可能[39]-[42]，可以为基于MAS技术的各个智能体之间息共享与消息通信提供标准支撑。

为了推进这一目标，要求底层设备融合物联网技术，要能够实现边缘计算、自动识别和自主决策等功能，边缘计算使物联网设备在靠近物或数据源头（如微型智能断路器属于现场数据源）的网络边缘测与云计算互相协同，就近提供智能互联服务高效地对用电情况进行动态监测，维护系统的安全、稳定运转加强人与设备、设备与设备间的信息关联与交互，实现参数检测、故障信息记录，状态巡检一体化。

因此本项目针对以上问题，研究面向配电网设备互操作与即插即用的国产定制化芯片关键技术，基于智能配电监控终端的配电线路拓扑自组织能力，结合通信模块和主控模块的具体实现方法，在芯片层次实现基于配电线路拓扑自组网的智能分布式FA实现模式，实现基于自描述的配电终端即插即用以及智能分布式FA与主站交互，提高配电自动化终端的可靠性及实用性，扩展配电线路设备本地化数据交互和智能处理的能力，减少现场的维护工程量，实现快速可靠的配电线路的故障隔离与恢复，实现配电自动化系统的安全、可靠、经济和高效运行。

**1.2研究目的和意义**

**1.2.1 研究目的**

**1.2.1 研究意义**

通过本项目的研究与实施，进一步推进智能配电监控终端的配电线路自组网能力，在数据交互与智能处理方面，通过国产芯片实现更灵活的设备自描述信息数据交换。为国际国内制定相关标准规范提供用例参考，为提升公司在国际标准中的影响力，发展下一代配电自动化技术、占据核心技术竞争优势等方面都具有积极作用；有效推进配网故障处理技术的发展和演变，集成集中式和分布式馈线自动化技术的优点，实现区域故障精确定位、快速隔离和自动恢复等功能，提高配网故障处理的时效性和供电可靠性。

**1.3成果应用及推广途径**

本项目研究成果适用于各种建设模式及不同规模的配电自动化项目，项目成果计划在南京江北新区智能电网示范区进行示范应用。

**1.4成果应用后的直接或间接效益**

本项目旨在通过国产芯片定制实现对配电自动化终端自描述功能、智能分布式FA自组网技术、智能分布式FA与配电主站交互技术的研究，实现基于自描述功能的配电终端自动识别、即插即用功能，实现智能分布式FA自动适应配电线路网络拓扑结构的变化及与配电主站的信息交互等关键功能，从而解决配电自动化终端即插即用、智能分布式FA自组网以及与配电主站的配合等问题。

**成果应用后预期直接和间接效益如下：**

**一是直接提高供电企业运行的经济效益**。通过基于国产芯片的终端自描述技术，进一步实现配电终端安装、调试及运维的“即插即用”，解决配电终端运维工作量大的突出问题，减少配电自动化建设过程中的调试和后期人员维护工作量，提高配电自动化建设效率。

**二是提升电网安全稳定运行水平，进一步提高供电可靠性。**通过研究基于国产芯片的配电线路拓扑自组网技术，实现智能分布式FA 功能，提高故障处理功能对配电线路变更的适应性，快速实现就地故障隔离和自愈，提高供电可靠性。

**三是探索未来配电网故障处理的新模式**。通过研究智能分布式FA 与配电主站的关系定位，提出分布式FA 动作前、动作中、动作后与主站的交互机理，实现基于主站的智能分布式FA 的远程运维，由此探索发现未来配电网故障处理的新模式。通过制定《配电网分布式FA 技术规范》，进一步指导和规范未来的配电自动化系统建设。

**四是推动智能配电网上下游产业发展。**在配电自动化大力发展的背景下，对配电自动化运维的相关研究技术进行推广，实现研究成果的利益最大化。通过对具备线路自组网能力的智能配电终端的技术研究和产业转化，课题成果将在未来的配电自动化建设工程中获得广泛应用，有力推动配电自动化智能装备制造、软件研发等上下游产业的发展。

1. **国内外研究水平综述**

**2.1 分布式FA技术现状**

配电网具有辐射型运行，配电网络之间关联度小的特点，非常适合采取就地的分布式故障处理方式[29]。这种模式不需要主站而依靠智能开关设备相互配合就能达到故障隔离和健全区域恢复供电的目标。未来发展的分布式处理模式包括：广域保护模式（面保护模式），以及基于多代理系统（Multi-Agent System，MAS）的就地控制模式。

随着计算机技术、光纤以太网通信技术以及数字化变电站技术的发展，一种广域保护模式[33][36]被应用于解决配电网的故障处理问题，尤其是一些对供电可靠性要求非常高的区域，其典型特征是通过继电保护设备之间的时间与信号配合，最终实现故障上游区段不停电，故障下游区段在极短时间内恢复供电；甚至在闭环运行网络中可以实现故障区域直接隔离，非故障区域不停电的目标。**在所有故障处理模式中，这种故障处理模式的速度最快。**例如：文献[33]提出一种基于通用面向对象变电站事件（GOOSE）的分布智能处理方法，建立了配电网络的分区模型，对开环运行配电网络以及闭环运行配电网络的故障处理控制机制进行了分析。文献[34]提出一种“面保护”概念，解决了传统“点保护”信息不全面的弱点，简化了故障定位的判据，避免了对整体通信或单个主机的依赖。文献[35]利用以太网快速通信，实现了保护的选择性，将故障定位、故障隔离与非故障区域供电恢复操作过程一次性完成，由于故障处理过程速度快，操作时间短，可以不影响类似电动机等负荷。文献[36]提出一种基于差动保护与备自投原理的故障处理控制方案，可以在几百毫秒内隔离故障，并在秒级时间恢复非故障区域的供电。**因为广域保护模式需要馈线上的开关必须是具有切断故障电流能力的断路器，而传统上，电力企业在配电网络上配置的都是负荷开关，且相比负荷开关，断路器价格较贵，同时这种模式对配电网络接线方式非常敏感，文献[33][36]中的案例全部是简单的手拉手网络，难以推广到典型的多联络、多分支与多电源（一个配电网络达到或超过3个电源点）的复杂配电网络。**

多代理系统（MAS）是一种可以适应环境变化的自治系统，它通过MAS代理相互协同来实现目标的控制，MAS技术可以用于解决拓扑接线复杂和参数差异较大的电网故障处理问题[37][38]。**基于MAS技术的智能配电网非正常状态故障处理算法逐渐成为讨论分析的热点，可以在馈线上安装负荷开关的前提下快速隔离故障并恢复非故障区的供电，为区别前述的几种模式，这种模式又简称为智能分布式模式。**与各种其他模式的故障处理模式算法一样，承载分布式控制算法的各个智能体之间需要进行信息共享与消息通信， IEC61850具有完整的数据对象建模方法与一致的服务接口[39]，这使得不同供应商的设备之间数据交互、功能联合与互操作成为可能[39]-[42]，可以为基于MAS技术的各个智能体之间息共享与消息通信提供标准支撑。

但当前版本的IEC61850在设计时，较少考虑配电系统的实际需求，其模型设计没有考虑到配电系统与变电站自动化系统的差异[43]，配电自动化相关设备数量远远超过变电站内的设备，对标准化与互操作的要求更为迫切[44]。总之，智能电网领域采用IEC61850模型以及IEC61850针对智能电网各种应用功能的扩展是目前国内外的研究热点，并已在变电站自动化[45]领域各种应用中得到很好的应用。**目前IEC61850模型对于智能配电网故障处理过程尚无系统性的支持，已有的研究主要侧重于基于现有版本进行与监控信息相关的建模或者是应用IEC61850中的某些技术解决智能故障处理中的单个问题[46][47]。**

**2.2 无线传感网技术现状**

无线传感器网络（Wireless Sensor Network, WSN）和无线自组织网络（Wireless Ad-Hoc Network, WANET）近年来国内外学术界和产业界的研究热点，其具有节点数量多、组网灵活、运行功耗低、计算能力弱等特点。目前，在通信协议、能量损耗等方面涌现出了大量的研究成果。

在通信协议的设计和优化方面，叶进等人针对无线Ad-Hoc网络提出了基于帧传输效率的拥塞控制方法[10]，当检测网络出现拥塞时，主动发出ECN通告告知发端节点主动降低发送数据的速率，以达到缓解网络负载的目的。王林等人结合LEACH算法及相关的改进工作，提出了新的改进方法[11]，通过对节点剩余能量和簇首节点状态综合考虑，在簇首和基站之间采用单跳和多跳相结合的方法，降低了网络负载，从而达到了保持网络平衡的目的。徐勇军等人通过从信道状态等方面对异构无线网络资源分配算法进行了整理和归纳[12]，并总结了目前资源分配方面仍然存在的问题和不足，对可能的发展方向进行了分析。任丰原等人针对低功耗路由技术等热点问题进行了总结和阐述，并基于需求分析了一些无线传感器网络领域的热点问题[13]。除此之外，李冬霞等人充分利用网络节点的移动信息，对AODV协议进行改进[14]，降低了路径断裂的概率。

Al-Shaikh A等人基于MATLAB仿真平台对LEACH-C和LEACH协议进行了仿真实验[15]，定量比较了LEACH-C协议相比于LEACH的性能改善情况。Liang Zhao等人针对无线Mesh网络（Wireless Mesh Network, WMN）路由度量方法进行了整理和比较[16]，并指出了路由度量方面仍然存在的一些开放性问题。汤媛媛等人针对车辆自组织网络（Vehicle Ad-Hoc Network, VANET）提出了一种新的退避算法[17]，通过比较车辆自身业务量和平均值的差异，选择不同的退避算法，另一方面根据车辆密度调整预约服务时长，保障一定的网络吞吐量。Jae Hyeck Lee等人描述了一种基于WiFi直连技术的多跳移动自组织网络（Mobile Ad-Hoc Network, MANET）[18]，设计了一个路由协议层用来支持WiFi直连设备的通信和设备之间的多跳通信。然而，上述介绍的研究工作均取得了一定成果，但大多数都基于节点同源的假设，并未针对当前物联网应用过程中常见的非同源节点业务数据格式封装不一致导致无法高效交互的问题，有针对性地提出通信管理方案。

作为一家通信设备制造商，华为也在物联网领域有所布局。相对于阿里、百度等互联网企业而言，华为的优势体现在通信基础设施、芯片设计以及5G等通信技术的研发积累上。5G面向的三大场景之一的低时延高可靠场景，适用于车辆网、远程医疗等实时性和可靠性要求较高的场景，在这方面，华为布局存在着较大的硬件优势。而对于低功耗广覆盖这个5G另一主要场景而言，在维持设备必要的运行状态下尽可能降低工作功率，提高其耐用性；在大规模连接同时存在时，降低设备通信干扰、提高带宽利用效率，华为在芯片设计、通信技术的研发等方面积累了较大优势，这类场景包括农田监测、工控安全等领域。总体而言，在不涉及传统互联网服务的场景下，华为具有独特的技术优势。

侧重于物联网边缘侧的设备本身。在靠近物或数据源头的网络边缘侧，融合了数据的获取采集、传输交互和存储更新等功能。每台物联网设备可以自行传感器端数据的发现、获取和处理。同时，通过统一的业务数据格式封装，消除设备的同源壁垒。以此为前提，优化数据和通信管理过程，打造开放式的协作物联网络，提供不依赖于云端服务和网络中心控制器的轻量级解决方案。

**2.3 通信协议层操作系统技术现状**

通信协议层操作系统可以认为是最简化的嵌入式操作系统，侧重在通信方向上的优化。在现有的通信芯片协议栈软件实现所采用的嵌入式操作系统内核基础上，通过增加数据协作与通信协作能力，实现在通信芯片协议层底层实现物联网节点设备的非同源协作，灵活的数据获取，优化非同源设备节点的通信资源调度，被认为是未来解决无处不在、数量庞大的物联网设备共存的关键问题。

嵌入式节点操作系统首先是一个实时操作系统，因此具备实时操作系统的一般特征。从组成上讲，嵌入式节点操作系统具有通用实时操作系统普遍具有的文件系统、任务调度模块、中断服务程序以及上层协议接口、底层设备驱动管理模块等组成部分。和部分实时操作系统一样，嵌入式节点操作系统实现了多种常见传输协议的接口，实现了对不同传输协议的支持。不同点在于，嵌入式节点操作系统相比一般意义上的实时操作系统增加了一个增强模块。该增强模块中涵盖了如何对节点通信过程进行管理，如何对节点数据存储和更新、如何完成消息交互等具体算法和策略，基于此实现节点之间高效互联以及数据交互与通信协作能力的提升。

需要注意的一点是，包括FreeRTOS以及μCOS-II在内的绝大部分嵌入式操作系统均是面向应用过程进行管理的，针对通信过程的管理过程通常由具体的应用内部进行实现。文献[34]中，设计了一个面向通信过程的嵌入式节点操作系统eNDOS，该操作系统实现于通信芯片的协议层底层，专用于对通信过程的管理。根据作者的测试结果，eNDOS在任务切换和中断响应等方面的性能和目前业界广泛应用的FreeRTOS以及μCOS-II差别不大，可以达到实际物联网应用环境的任务处理实时性要求。针对不同无线传输协议的协议栈分别设计了协议栈接口和设备驱动接口，使eNDOS节点操作系统能够正常工作在使用不同的无线传输协议的芯片上。

**参考文献：**

1. IEC 61850 Communication networks and systems in substations[S] ED 1.0 2003.
2. IEC61850-7-420 Communication networks and systems for power utility automation. Part 7-420:Basic communicationstructure–Distributed energy resources logical nodes[S]．Geneva:IEC,2009.
3. EC61400-25-4 Communications for monitoring and control of wind power plants-Mapping to Communication profiles[S].2008.
4. NIST, NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, release 1.0, January 2010.
5. IEEE P2030, Draft Guide for Smart Grid Interoperability of Energy Technology and Information Technology and Information Technology Operation with the Electric Power System (EPS), and End-Use Applications and Loads, IEEE SA Standards Board, February 2011.
6. [凌万水](http://cnki.jsinfo.gov.cn/kcms/detail/search.aspx?dbcode=CJFQ&sfield=au&skey=%e5%87%8c%e4%b8%87%e6%b0%b4&code=24324624;08518089;08569793;24164154;),[刘东](http://cnki.jsinfo.gov.cn/kcms/detail/search.aspx?dbcode=CJFQ&sfield=au&skey=%e5%88%98%e4%b8%9c&code=24324624;08518089;08569793;24164154;), [陆一鸣](http://cnki.jsinfo.gov.cn/kcms/detail/search.aspx?dbcode=CJFQ&sfield=au&skey=%e9%99%86%e4%b8%80%e9%b8%a3&code=24324624;08518089;08569793;24164154;), [于文鹏](http://cnki.jsinfo.gov.cn/kcms/detail/search.aspx?dbcode=CJFQ&sfield=au&skey=%e4%ba%8e%e6%96%87%e9%b9%8f&code=24324624;08518089;08569793;24164154;).基于IEC 61850的智能分布式馈线自动化模型[J].电力系统自动化，2012,06:90-91
7. 武会超,吴奕,朱海兵,谭志军,刘明祥. 基于IEC61850标准的配电自动化终端即插即用体系研究.2015,01:60-63
8. 王伊晓,刘东,赵江河,吕广宪. 基于IEC61968的电网静态拓扑模型表达方式研究.华东电力.2013,12:2450-2455
9. 赵江河,王立岩.智能配电网的信息构架[J].电网技术,2009,33(15)26-29
10. 任雁铭,.IEC61850应用于配电自动化系统需要考虑的问题[J].供用电,2014(01)52-54.
11. 顾建炜，周志芳，邵学俭.基于IEC 61968国际标准的智能电网信息集成[J].浙江电力，2011.4：30-34.
12. <http://www.tissue.IEC61850.com>
13. 韩国政，徐丙垠，张海台．IEC61850在高级配网自动化中的应用[J]．电力自动化设备，2011，31(5)：99-102．
14. Aoki K, Ichimori T, Kanezashi M. Normal state optimal load allocation in distribution systems[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1987, 2(1):147-155.
15. Stankovic A M, Calovic M S. Graph oriented algorithm for the steady-state security enhancement in distribution networks[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1989, 4(1):539-544.
16. Perez Guerrero R, Heydt G T, Jack N J, et al. Optimal restoration of distribution systems using dynamic programming[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2008, 23(2):1589-1596.
17. Chen C S, Lin C H, Tsai H Y. A rule-based expert system with colored Petri net models for distribution system service restoration[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2002, 17(4):1073-1080.
18. Menshen Tsai. Development of an object-oriented service restoration expert system with load variations[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2008, 23(1):219-225.
19. Wu J S, Liu C C, Liou K L,et al. A Petri net algorithm for scheduling of generic restoration actions[J]. IEEE Transaction on Power Systems, 1997, 12(1):69-76.
20. 马骞, 杨以涵,刘文颖, 等. 基于对象Petri网技术的电力系统故障恢复方法[J]. 电网技术, 2005, 29(3):21-28.
21. Hong Tzer Yang, Chao Ming Huang. Distribution system service restoration using fuzzy Petri net models[J]. Electrical Power and Energy System, 2002, 24(5):395-403.
22. Nahman J, Strbac G. A new algorithm for service restoration in large-scale urban distribution systems[J]. Electric Power Systems Research, 1994, 29(3):181-192.
23. 葛朝强, 唐国庆, 王磊. 综合智能式的故障恢复专家系统[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(2):17-21.
24. 朱峻, 薛禹胜. 配电网系统恢复专家系统[J]. 电力系统自动化, 1991, 15(3):22-28.
25. 刘健. 变结构耗散网络-配电网自动化新算法[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2000:75-80.
26. 张锋, 江道灼, 张怡. 基于变结构耗散网络的特殊配电网接线故障恢复的改进算法[J]. 电网技术, 2003, 27(4):49-53.
27. YuanYin Hsu, Han Ching Kou, et al. A heuristic based fuzzy reasoning approach for distribution system service restoration[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1994, 9(2):948-953.
28. 颜萍, 顾锦汶, 张广. 一种快速高效的配电网供电恢复算法[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(2):52-56.
29. 王益民. 实用型配电自动化技术[M]. 北京:中国电力出版社, 2008.
30. 陈勇, 海涛. 电压型馈线自动化系统[J]. 电网技术, 1999, 23 (7):31-33.
31. 王章启, 顾霓鸿. 配电自动化开关设备[M]. 北京:水利电力出版社, 1995.
32. 刘健, 崔建中, 顾海勇. 一组适合于农网的新颖馈线自动化方案[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(11):82-86.
33. 刘健, 赵树仁, 贠保记,等. 分布智能型馈线自动化系统快速自愈技术及可靠性保障措施[J].电力系统自动化, [2011, 25(17):67-71](http://cnki.lib.sjtu.edu.cn/KNS50/Navi/Bridge.aspx?LinkType=IssueLink&DBCode=cjfd&TableName=cjfdyearinfo&Field=BaseID*year*issue&Value=DLXT*2005*03&NaviLink=%e7%94%b5%e5%8a%9b%e7%b3%bb%e7%bb%9f%e8%87%aa%e5%8a%a8%e5%8c%96).
34. 章琦. 基于面保护原理的配电网故障处理[J]. 浙江电力, 2002, 21(2):14-17.
35. 焦振有, 焦邵华, 刘万顺. 配电网馈线系统保护原理及分析[J]. 电网技术, 2002, 26 (12):75-78.
36. 林功平. 配电网馈线自动化解决方案的技术策略[J]. 电力系统自动化, 2001, 25(4):52-55.
37. Mcarthur S D J, Davidson E M, Catterson V M, et al. Multi-agent systems for power engineering applications part I: concepts, approaches, and technical challenges[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2007, 22(4):1743-1753.
38. Mcarthur S D J, Davidson E M, Catterson V M, et al. Multi-agent systems for power engineering applications part II: technologies, standards, and tools for building multi-agent systems[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2007, 22(4): 1753-1760.
39. IEC 61850-7-4: Communication Networks and Systems in Substations – Part 7-4, Basic communication structure for substation and feeder equipment- Compatible logical node classes and data classes[S]. Switzerland: IEC, 2010.
40. IEC 61850-6: Communication Networks and Systems in Substations – Part 6, Configuration description language for communication in electrical substations related to IEDs[S]. Switzerland: IEC, 2010.
41. IEC 61850-2: Communication Networks and Systems in Substations – Part 2, Glossary[S]. Switzerland: IEC, 2010.
42. IEC 61850-7-1: Communication Networks and Systems in Substations – Part 7-1, Basic communication structure for substation and feeder equipment – Principles and models Glossary[S]. Switzerland: IEC, 2010.
43. 廖真哲, 刘东, 陆一鸣, 等. 基于 IEC 61850 与 CIM 融合的分布式能源模型扩展研究[J]. 华东电力, 2012, 40(4):568-571.
44. 童晓阳, 王晓茹, 丁力. 基于IEC 61850构造变电站广域保护代理的信息模型[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(5):63-67.
45. 丁峰, 陆承宇. 基于IEC 61850标准的变电站防误闭锁工程应用[J]. 电力系统保护与控制, [2010, 38(9):](http://acad.cnki.net/kns55/oldNavi/Bridge.aspx?LinkType=IssueLink&DBCode=cjfd&TableName=cjfdyearinfo&Field=BaseID*year*issue&Value=JDQW*2010*09&NaviLink=%e7%94%b5%e5%8a%9b%e7%b3%bb%e7%bb%9f%e4%bf%9d%e6%8a%a4%e4%b8%8e%e6%8e%a7%e5%88%b6)96-99.
46. 国家电网公司. IEC\_61850工程继电保护应用模型[S]. 国家电网公司, 北京, 2009.
47. Apostolov A P. Modeling systems with distributed generators in IEC 61850[C]. Power Systems Conference, 2009. PSC'09. IEEE, 2009: 1-6.
48. **项目的理论和实践依据**

**3.1项目理论依据**

**3.1.1 IEC 61968标准**

IEC 61968标准是电力企业各专业管理应用系统之间的接口信息定义和配电通用模型。本标准是智能电网的基础性标准之一，适应于智能电网企业应用层面的互操作。DL/T 1080《电力企业应用集成-配电管理的系统接口》系列标准支持配电网管理的多种应用系统的应用间集成。

IEC 61968系列标准旨在实现各类分布式的应用软件的集成，这类集成是相对于内部软件的集成，主要是围绕配电网管理的应用软件。内部功能集成在一个应用系统中，各功能程序通常采用嵌入式中间件实现相互联系。中间件在后台运行，优化运行环境，使不同系统做到实时和同步，实现信息交互、请求/回复、交谈沟通功能。

**3.1.2 FA算法理论**

FA算法理论是一个多目标、多维数、多约束及多时段非线性的组态优化求解问题。相关研究提出了各种算法与解决方案，主要包括集中式故障处理与分布式故障处理两大类。FA算法分类如图3-1所示：



图3-1 FA算法分类图

**集中式故障处理**基于通信网络、现场配电自动化终端与实现故障处理决策的配电自动化主站系统之间的紧密配合，由现场配电自动化终端监测故障信号，并通过通信网络将这些信号发送给配电自动化主站系统，配电自动化主站系统结合网络拓扑，进行故障定位，并通过手动或自动的方式下发开关控制指令给终端，实现故障区域隔离与非故障区域的供电恢复。在配电自动化主站与现场终端之间有时还配置有配电自动化子站，既可以减轻主站系统的通信和计算负载，也可以承担本区域配电网络的馈线自动化功能。从算法实现的角度来看，**集中式故障处理算法的主要包括：动态规划法，专家系统法，基于模糊理论与变结构耗散网络模型法，启发式算法，遗传算法，以及其他各种智能优化算法等**。

**分布式故障处理**模式不需要配电自动化主站而依靠智能开关设备相互配合就能达到故障隔离和健全区域恢复供电的目标。**实际应用中，分布式处理模式包括重合器分段器模式，广域保护模式（面保护模式），以及基于多代理系统（Multi-Agent System，MAS）的就地控制模式**。依据智能开关设备之间配合方法的区别，重合器分段器模式又可以细分为重合器与电压时间型分段器配合模式、重合器与重合器配合模式、重合器与过流脉冲计数型分段器配合模式等。它们的基本特征是重合器与分段器依据本地配置及其采集的信息做出控制决策，决策过程不依赖于任何通信，通过时间或动作次数的整定，实现故障快速定位、隔离及非故障区域恢复供电。与此同时，随着计算机技术、光纤以太网通信技术以及数字化变电站技术的发展，广域保护模式被应用于分布式故障处理模式，其典型特征是通过继电保护设备之间的时间与信号配合，最终实现故障上游区段不停电，故障下游区段在极短时间内恢复供电；甚至在闭环运行网络中可以实现故障区域直接隔离，非故障区域不停电的目标。MAS是一种可以适应环境变化的自治系统，它通过MAS代理相互协同来实现目标的控制，为区别前述的几种模式，这种模式又简称为智能分布式模式。

**3.1.3 协作物联技术**

**3.1.4 协作智能技术**

**3.1.5 配电网多模芯片技术**

**3.1.6配电自动化相关标准**

* + - GB/T 13729 远动终端设备
    - GB/T 14285 继电保护和安全自动装置技术规程
    - DL/T 599 城市中低压配电网改造技术导则
    - DL/T 634 远动设备及系统
    - DL/T 721 配电网自动化系统远方终端
    - DL/T 790 采用配电线载波的配电自动化
    - DL/T 814 　配电自动化系统功能规范
    - Q/GDW 156 城市电力网规划设计导则
    - Q/GDW 370 城市配电网技术导则
    - Q/GDW 382 配电自动化技术导则
    - [Q/GDW 513 配电自动化主站系统功能规范](http://www.baidu.com/link?url=O7HD6ybTQwFUIPZjIvp5CpZDmggQLiUI_ijmUaBXD9LEO13DAqHGzV6hyZOMHjuEPMalXgPXO0DfKY-pqCMCWA2_6dNOKZuUD24Hi6Rfgkq)
    - Q/GDW 514 配电自动化终端/子站功能规范
    - Q/GDW 625 配电自动化建设改造标准化设计技术规定
    - Q/GDW 1738 配电网规划设计技术导则
    - Q/GDW 519 配电网运行规程
    - Q/GDW 626 配电自动化系统运行维护管理规范
    - 配电自动化终端技术规范
    - 配电自动化规划设计导则
    - IEC6l 850-1(DL/T860.1)　基本原则
    - IEC61850-2(DL/T860.2)　术语
    - IEC61850-3 (DL/T860.3)　一般要求
    - IEC61850-4(DL/T860.4)　系统和工程管理
    - IEC61850-5(DL/T860.5)　功能和装置模型的通信要求
    - IEC61850-6(DL/T860.6)[自动化系统](http://baike.baidu.com/view/3825899.htm)结构语言
    - IEC61850-7-1(DL/T860.71)变电站和馈线设备的基本通信结构一一原理和模式
    - IEC61850-7-2(DL/T860.72)变电站和馈线没备的基本通信结构一一抽象通信服务接口（ACSI：Abstract Communication service interface)
    - IEC61850-7-3(DL/T860.73)变电站和馈线设备的基本通信结构一一公共数据级别和属性
    - IEC61850-7-4(DL/T860.74)变电站和馈线设备的基本通信结构一一兼容的逻辑节点和[数据对象](http://baike.baidu.com/view/178571.htm)（DO：Data 0bject)[寻址](http://baike.baidu.com/view/1303626.htm)
    - IEC61850-8-1(DL/T860.81)特殊通信服务映射(SCSM：Special Communication Service Mapping)：到变电站和间隔层内以及变电站层和间隔层之间通信映射
    - IEC61850-9-1(DL/T860.91)特殊通信服务映射：间隔层和过程层内以及间隔层和过程层之间通信的映射，单向多路点对点串行链路上的采样值
    - IEC61850-9-2(DL/T860.92)特殊通信服务映射：间隔层和过程层内以及间隔层和过程层之间通信的映射，映射到ISO/IEC 8802-3的采样值
    - IEC61850-10(DL/T860.10) 一致性测试
    - IEC 61968/61970公共信息模型

**3.2项目实践依据**

**（1）基于自描述的配电终端即插即用技术研究**

江苏省电力公司、中科院上海微系统研究所、清华大学深圳国际研究生院属于国网直属单位，在配电自动化终端自动识别、即插即用及IEC61850标准在配电自动化终端的应用等方面前期已经开展了较多的研究工作，**其中清华大学深圳国际研究生院承担了国家电网公司2015年项目《基于IEC61850标准的智能配电网关键技术研究》**的研究工作，目前相关研究内容已经取得了较大的进展；**江苏省电力公司、中科院上海微系统研究所联合东南大学也开展了江苏省电力公司2015年度科技项目《具备自描述能力的配电自动化终端的研究与应用》的研究**，目前相关研究工作也取得了丰富的成果；研究团队对配电自动化终端自描述及IEC61850标准在配电自动化系统的应用有着深刻的理解，产、学、研、用相结合的模式有利于在基于自描述的配电终端即插即用方面做出创新性探索。

**（2）基于智能分布式FA 的配电线路自组网技术研究**

中科院上海微系统研究所、上海交通大学长期从事智能分布式FA算法及相关技术研究，**上海交通大学参与了上海浦东新区配电自动化建设过程中智能分布式FA测试环境的开发**相关工作，**上海交通大学和江苏省电力公司联合开展了江苏省电力公司2014年度科技项目《配电自动化现场测试自动化技术研究与应用》**。中科院上海微系统研究所研发的配电自动化产品也参与了国家电网公司配电自动化建设中的智能分布式FA试点工程建设，自2012年开始在**扬州配电自动化项目建设了多个环网的智能分布式试点应用**；自2014年12月开始**上海浦东配电自动化系统智能FA**的建设工作，已经在上海浦东建成了7个环网（DTU环网4个，FTU环网3个）的智能分布式FA项目，目前所有设备及功能运行状态良好。因此在实践中积累了丰富的现场运行及测试经验，可以为基于智能分布式FA 的配电线路自组网技术的研究提供强有力的支撑。

**（3）芯片级实现的智能分布式FA技术原型**

针对现有物联网场景下存在的不同设备厂商和产品型号的物联网终端软硬件接口不一致、业务数据格式封装规范不统一所导致的节点间共享信息困难，无法高效交互等问题，本章主要介绍协议层eNDOS操作系统增强模块内用于节点之间相互识别和信息交互的节点相知相识算法，通过定义数据格式标准封装格式，设计节点名片文件；设计节点相知相识算法三个阶段的具体流程，消除终端设备型号及接口的限制，实现非同源节点之间的交互操作和数据共享。本章将针对节点相知相识算法的提出、实现流程以及节点名片文件的设计进行详细介绍。

物理层的上一层是针对这些物理层设备及模组的驱动管理程序。eNDOS使用设备驱动接口与这些驱动管理程序进行交互。eNDOS层完成对通信过程的管理、数据的缓存以及更新、消息报文的预取和推送等过程。对通信过程的管理、数据的缓存以及更新将在本章中进行介绍，而消息报文的预取和推送将在第4章进行介绍。这种迁移的做法对于通信过程有更高的管理效率和更好的针对性。eNDOS的文件系统、中断处理等模块对于这些过程及策略的实现是必不可少的。例如3.4节介绍的用于节点交互的名片文件的存储依赖于文件系统，名片文件的更新依赖于定时器中断的触发以及对应的中断处理程序或中断服务函数。需要注意的一点是，仅仅依赖实现于链路层的eNDOS不足以支撑路由的发现和选择以及端口可靠性传输的保障。基于eNDOS的协议栈用来完成这些工作。协议栈包括公有协议栈以及私有协议栈。公有协议栈包括WiFi以及BLE等，私有协议栈指的是根据实际需要自行开发的具有同样或者类似功能的一系列协议。eNDOS加上基于eNDOS运行的协议栈共同完成了数据链路层、网络层以及传输层的功能。最上层为应用层，通过对通信过程的迁移和管理，开发者针对应用层的开发省去了底层通信过程实现的细节，减少了管理开销，从而专注于应用逻辑的实现。

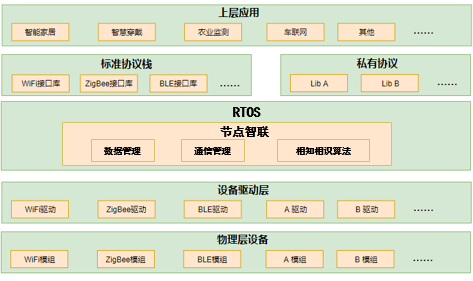


图3.2 节点相知相识算法实现的位置及层次

提出了一种基于去中心化分布式架构的节点交互方式，如图3.4(b) 所示。物联网设备终端通过C-IoT通信模组进行数据传输及指令交互。通过植入在C-IoT通信模组的通信芯片内部的协议层eNDOS操作系统执行节点相知相识算法以及数据及通信管理策略，各个辅助通信模组共同构成协作物联网的节点。协作物联网中的各个节点可以完成组网、入网、数据的传输与更新、身份信息及交互的交换等一系列过程。利用C-IoT辅助通信模组进行组网，在组建的新网络中进行交互和通信，将原设备模组上的数据进行交互和传输。设备原有模组和C-IoT模组之间使用异步串口UART进行通信。这一过程：

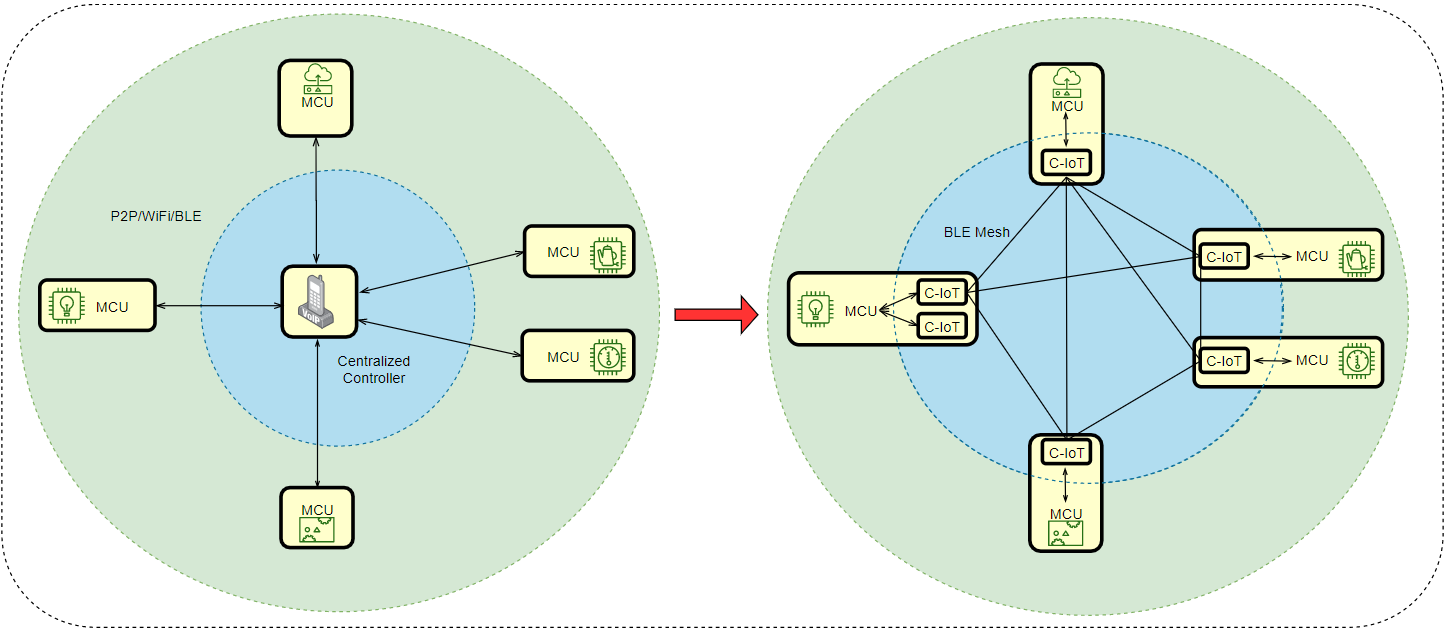


图3.4(a) 传统架构节点交互方式 图3.4(b) 分布式架构下节点交互方式

图3.4 不同架构下节点交互方式的比较

**3.3 项目研究的关键点与难点**

**关键点与难点一：如何实现基于自发现/自描述的智能配电终端“即插即用”技术**

配电自动化建设过程中，由于设备厂家众多、技术水平参差不齐、软硬件接口及外围设备配置差异较大等原因，导致不同厂家的配电自动化终端及主站之间实现即插即用功能难度较大，因此建立标准化的配电终端自描述信息模型、制定完善且适应范围广的配电自动化终端自发现及注册机制，实现基于自发现/自描述的智能配电自动化终端即插即用技术是本项目的一个关键点和难点。

**关键点与难点二：如何实现面向多源配电线路的智能分布式FA终端自组网技术**

智能分布式FA在实现智能配电终端 “即插即用”的同时，还要能够适应多源配电线路拓扑的改变。配电线路状态适应性变化不仅包括配电线路负荷转供、线路检修等引起的拓扑变化自适应、配电线路故障发生后故障隔离引起的拓扑变化自适应、隔离成功后非故障区域供电恢复引起的拓扑变化自适应，还包含了对不同配电线路网络类型的自适应。终端拓扑运行模型的信息交互应能够实时响应配电线路开关的状态变化，实现拓扑运行信息模型的无缝切换，保证拓扑运行信息的正确性。实现智能分布式FA终端的拓扑自组网是本项目的一个关键点和难点。

**关键点与难点三：如何在芯片定制研发中更好的实现智能分布式FA机制**

分布式FA动作迅速、定位准确，集中式FA对全网系统进行分析，能给出最优策略。在配电线路故障时刻，分布式FA启动故障隔离及恢复，并将动作信息上送配电主站，配电主站监听到故障处理信息后，监视分布式FA的动作情况并分析提出最优策略。如何实现智能分布式FA的快速动作与主站集中式FA最优策略的协同机制，是本项目研究的一个关键点和难点。

1. **项目研究内容和实施方案**

**4.1研究内容**

本项目开展面向配电网设备互操作与即插即用关键技术的国产定制化芯片研究，从以下3个内容及示范工程开展工作：

内容1：基于自描述的配电终端即插即用技术及芯片定制化研究

内容2：基于智能分布式FA 的配电线路自组网技术及芯片定制化研究

内容3：基于设备环境感知的边缘侧轻量级智能处理技术及芯片定制化研究

示范工程：南京江北新区智能电网示范区示范应用

本项目的总体研究框架如图4-1所示：

(需要修改)

图4‑1项目总体研究框架

本项目主要从配电终端即插即用技术、智能分布式FA 配电线路自组网技术及智能分布式FA 与主站交互技术等三个内容展开研究，内容1是内容2、内容3研究的基础；内容2、内容3研究成果相互支撑，相辅相成；内容1主要在配电自动化终端自描述、组态技术及模型映射的基础上研究配电自动化终端自动识别、即插即用及远程维护技术；内容2主要研究配电终端智能分布式FA实现技术和配电线路拓扑自组网关键技术；内容3主要研究智能分布式FA与配电主站的交互技术和智能分布式FA的运维技术。

**4.1.1基于自描述的配电终端即插即用技术及芯片定制化研究**

**4.1.2 基于智能分布式FA 的配电线路自组网技术及芯片定制化研究**

**4.1.3 基于设备环境感知的轻量级智能处理技术及芯片定制化研究**

**4.2实施方案**

项目总体实施方案如图4-5所示：



图4-5课题总体实施方案

（需要修改）

（1）**开展调研收资**：开展配电自动化终端自描述及即插即用功能应用需求及现状调研，收集国内外主要设备厂家智能分布式FA实现算法、自组网技术实现及智能分布式FA远程运维相关研究现状、技术应用成果资料以及相关技术发展趋势，形成具体的研究方法；

（2）**关键技术研究**：结合配电自动化终端即插即用技术及智能分布式FA技术应用现状，开展配电终端终端自描述关键技术、智能分布式FA算法实现原理关键技术、智能分布式FA自组网关键技术和智能分布式FA远程运维关键技术的研究；在研究配电自动化终端自描述、智能分布式FA自组网、智能分布式FA与主站交互等关键技术的同时，充分考虑配电自动化终端与配电自动化主站进行信息交互的安全性需求；

（3）**规范编写、系统及设备开发**：在以上研究的基础上，编写《配电网分布式FA 技术规范》，研发具备即插即用功能及智能分布式FA功能的配电自动化终端样机，研发用于在配电自动化主站实现IEC 61850标准与IEC 61968标准模型之间相互映射转换的软件；

（4）**示范应用**：开展研究成果工程示范应用，部署具备即插即用功能及智能分布式FA功能的配电自动化终端，同时在配电自动化主站部署IEC 61850标准与IEC 61968标准模型之间相互映射转换的软件模块，在实现配电自动化终端的自动接入、即插即用功能的基础上，利用智能分布式FA实现故障快速隔离、非故障区域快速恢复供电，并实现智能分布式FA网络拓扑的自组网及远程运维技术。

针对配电自动化终端的自描述信息、服务订阅信息、智能分布式FA远程维护等系统关键信息传送安全性需求，采用基于非对称数字签名认证的技术对其信息传输的进行防护，对发送方的身份合法性进行识别及验证，从而保障配电自动化系统的运行安全。

**项目研究总体技术路线如图4-6所示：**

图4-6 总体技术路线图

**4.2.1基于自描述的配电终端即插即用技术及芯片定制化研究**

**4.2.2 基于智能分布式FA 的配电线路自组网技术及芯片定制化研究**

**4.2.3 基于设备环境感知的轻量级智能处理技术及芯片定制化研究**

**4.3项目主要创新点**

**预期创新点一：提出基于芯片协议层操作系统的设备自描述文件实现fangfa**

**预期创新点二：提出基于数据写作的智能分布式FA机制**

**预期创新点三：提出基于设备环境感知的轻量级智能处理模型及芯片定制实现**

**4.4项目分工、组织和知识产权**

**4.4.1 项目分工**

本项目由江苏省电力公司牵头，与中科院上海微系统研究所、清华大学深圳国际研究生院共同完成。项目的任务分工如表4-1所示。

表4-1 合作单位落实情况

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **内容名称** | **主承担单位** | **协作单位** |
| 内容1：基于自描述的配电终端即插即用技术及芯片定制化研究 | 江苏省电力公司 | 清华大学深圳国际研究生院、中科院上海微系统研究所 |
| 内容2：基于智能分布式FA 的配电线路自组网技术及芯片定制化研究 | 中科院上海微系统研究所 | 江苏省电力公司 |
| 内容3：基于设备环境感知的轻量级智能处理技术及芯片定制化研究 | 清华大学深圳国际研究生院 | 江苏省电力公司 |

**4.4.2 课题组织管理**

本项目以江苏省电力公司为牵头单位，负责项目整体规划、运行、协调和组织以及最项目结题验收工作。其余单位作为课题协助单位，在经过平等协商，真实，充分表达各自意愿的基础上，共同合作。

本项目采用负责人管理模式，由项目负责人牵头，项目负责人负责项目管理、理论研究、仿真试验工作开展。成立项目管理小组，组员包括各合作单位推荐代表。项目管理小组统一设计、规划项目研究进度，协调各内容关系，监督各课题实施与进展以及文件、成果汇总和存档。

项目进行中，各合作单位严格按照任务书或合同所规定的研究内容和进度计划开展研究，定期撰写项目研究进度报告，并召开阶段性会议。各合作单位推荐代表负责监督实施。现场试验开展时，各合作单位落实试验开展地点和配合人员、协调电网调度部门，保障现场工作顺利开展。

**4.4.3 项目知识产权**

本项目由江苏省电力公司牵头和参与项目的各协作单位签订了合作协议，合作协议对各单位承担的主要研究任务、技术成果的归属和分享以及保密责任进行了详细规定（详见附录中第五部分的合作协议书）。

**4.5研究与实验工作量统计**

整个课题需要319人月，具体情况如下：

整个课题的资料收集分类总结、调研需要50人月，研究基于自描述的配电终端即插即用技术需要50人月，研究基于智能分布式FA 的配电线路自组网技术需要110人月，研究设备环境感知与轻量级智能处理技术需要109人月。

1. **预期目标和成果形式**

**5.1 预期目标**

**1）项目研究方面**

1. 研制具有自描述能力的智能配电终端，实现配电终端“即插即用”的安装、调试及运维，解决配电终端运维工作量大的突出问题。
2. 提出配电线路拓扑自组网技术，实现智能分布式FA功能，提高故障处理功能对配电线路变更的适应性，快速实现就地故障隔离和自愈，提高供电可靠性。
3. 明确智能分布式FA与配电主站的关系定位，提出分布式FA动作前、动作中、动作后与主站的交互机理，实现基于主站的智能分布式FA的远程运维。

**2）人才培养方面**

1. 培养博士1名，硕士3-4名。

**5.2 成果形式**

**1）研究报告**

1. 《基于自描述的配电终端即插即用技术研究报告》；
2. 《基于智能分布式FA的配电线路自组网技术研究报告》；
3. 《智能分布式FA与主站交互技术研究报告》；
4. 《智能分布式FA工程应用体系架构》。

**2）标准规范**

1. 《配电网分布式FA技术规范》。

**3）论文专利及软件著作权**

1. 申请专利9项，其中申请发明专利不少于6项；
2. 取得软件著作权1项；
3. 发表SCI/EI/核心期刊论文6篇，其中SCI/EI检索不少于2篇。

**4）系统装置**

1. IEC 61850标准与IEC 61968标准模型映射转换软件一套；
2. 基于组态技术的配电自动化终端配置工具一套；
3. 研制实现自描述功能的智能配电终端样机，基于IEC61850标准实现自动识别、即插即用和远程维护，实现配电线路拓扑自组网功能。

**5）示范应用类**

项目研究成果在南京江北新区智能电网示范区进行示范应用。

**5.3 技术指标**

研制的配电自动化终端应达到以下技术指标：

1. 研制具备自描述功能、即插即用技术以及自组网能力的配电自动化终端，其完成一次自动注册及识别的时间应小于30s，服务模型传输时间应小于3s；
2. 配电自动化终端在收到配电主站最新的服务模型后，自动按照新的服务模型提供服务，其转换时间应小于10s；
3. 配电终端对等通信故障信息交互报文延迟时间<=20ms，故障上游开关隔离时间<=200ms，非故障区域恢复时间<=5s，分布式FA信号上送主站时间<=3s。
4. **项目承担单位的条件**

**6.1 项目负责人**

**沈培锋**，男，1972年出生，研究员级高级工程师，国网南京供电公司副总经理，长期从事电力系统规划建设以及生产管理工作，**国家科技部科技项目评审专家。是国家863项目“智能配电网优化调度关键技术研究”执行负责人**，另外参与“柔性直流输电在城市供电中的研究与应用”、“基于先进能效管理的智能微电网关键技术研究与示范”2项国家863课题研究。获中国电力科学技术三等奖1次、国网公司科技进步二等奖2次，国网公司科技进步三等奖2次，江苏省电力公司科技进步一等奖2次。熟悉重大科技项目运作及管理流程，能够保证项目的圆满完成。

**孙国城，**男，1963年出生，研究员级高级工程师，硕士学历。中科院上海微系统研究所配电/农电分公司副总经理。目前主要从事配网自动化、农村电网自动化、变电站自动化及分布式电源/微网的技术研究、产品开发及管理工作，组织完成SMU-3型同步相量测量装置、DPR-3型同步连续记录装置、基于多时钟源的电力统一授时装置、PDZ800系列智能配电终端的开发，主持分布式电源/储能及微电网接入控制的研究及应用。组织参与国网公司的技术支撑服务工作，参与《深化“三新”农电发展战略研究》工作，参与国网公司农电部“农村智能配电网试点工程配套关键技术应用研究”等课题项目，荣获江苏省、南京市及国家电网公司多项科技进步三等奖，获得专利多件，发表论文多篇。

**6.2 项目研究人员**

**【核心专家】**

**刘东，**男，1968年10月出生，博士，研究员，博士生导师，教育部新世纪优秀人才。目前是**CIRED-CIGRE’ Joint Working Groups: JWG1-Control and Automation Systems for Electricity Distribution Networks of the Future 委员，国际电工委员会IEC TC57 WG09 工作组通信成员，全国电力系统管理及其信息交换标准化技术委员会配网工作组成员，中国电机工程学会电力系统自动化专业委员会配网学科组委员。**作为负责人完成教育部2007年度新世纪优秀人才资助基金，完成分布式自愈并行算法研究。作为主要研究人员完成国家自然科学基金重点项目网格计算“大规模电力系统示范应用”，负责其中的网格计算在配电网中的应用子课题，完成配电网在网格计算环境下的优化运行模型。作为主要研究人员完成“城市电网电灾防治关键技术与应用项目”，获2010年国家科技进步二等奖，排名第6。作为负责人完成国家电网公司2010年度科技项目“大规模复杂智能配电系统建模与信息融合关键技术研究”，完成计及分布式电源、微网、储能装置、电动汽车充电站等接入，并综合考虑需求响应、双向互动等因素的大规模复杂智能配电系统的体系及建模方法以及智能配电系统的统一数据采集、信息安全、数据融合、海量信息处理及系统应用集成技术。

**赵江河**，男，1957年出生，清华大学深圳国际研究生院配电研究所副总工程师，高级工程师，**国家电网公司智能电网配电自动化工程验收组长，公司“配电自动化建设应用提升专项工作组”成员，公司“智能配电网优化规划与高性能控制技术”科技攻关团队核心骨干成员，中国电机工程学会电力系统自动化专委会，配电自动化学科组成员，中国电机工程学会高级会员，国家电网公司新技术推广专家**。全国电力系统管理及其信息交换标准化技术委员会委员，国家电网智能电网专家。长期从事调度自动化和配电自动化工作，主持开发调度自动化系统和配电自动化系统，是配电自动化领域的专家。作为主要编写人牵头编写《加快推进城市配电网示范工程建设工作方案》等文件编制，主持参与国家电网《智能电网技术标准体系研究与标准编制规划》、《智能电网关键技术研究》、《智能电网关键设备研制规划》等国家电网的智能电网主要纲领性技术报告的编写工作。负责开发了DAS2000配电自动化系列产品：DAS2000-A配电自动化系统，DAS2000-D县调自动化系统，DAS2000-M调配一体化系统取得了软件著作权登记证书的产品，已经有几十套系统推出运行。主持完成国家电网科技项目“城市电网规划方法、无功配置和配电自动化的研究”。

**朱红**，女，1971年生，研究员级高工，**国网公司运行专业领军人才**，江苏省电力公司自动化技术专业技术类专家。**“全国电力系统管理及其信息交换标准化技术委员会”委员和“SAC/TC82”工作组成员**。曾获江苏省技术创新能手称号，获中国电力科学技术二等奖1次、中国电力科学技术三等奖2次、国网公司科技进步一等奖1次、国网公司科技进步二等奖3次、江苏省电力公司科技进步一等奖2次、江苏省电力公司科技进步二等奖2次、江苏省电力公司科技进步三等奖1次，发表论文13篇，发明专利5项，实用新型专利9项。

**吴琳**，女，1963年出生，教授级高级工程师，硕士学历。**中科院上海微系统研究所配电/农电分公司总工程师，公司配电自动化领域专家**。主要从事智能配电技术支持系统体系结构设计、配电自动化系统、配电信息交换技术等方向的研发工作。**是南瑞集团公司OPEN-3200配电自动化管理系统、IEB 2000信息交互总线、停电管理系统、综合可视化应用平台等重要产品的主要设计者和研制者之一**。牵头负责“天津生态城智能电网综合示范工程”、“江苏扬州经济技术开发区智能电网综合示范工程”、“江西共青城智能电网综合示范工程”等综合工程的方案总体设计，项目实施管理。在公司配电自动化试点工程中为各个试点单位提供方案设计及编制的技术支持，并负责太原、大连、石家庄、天津等多个项目的实施。作为主要方案设计人员及项目负责人参加了“太原配电网故障智能处理系统”、“扬州配电运行监测与故障停电管理系统”、“天津基于营配信息融合的智能互动抢修指挥平台”的设计、研发和项目管理。曾经参与公司科技项目“无线专网在大连配网中的应用”、“智能配电网运行控制与建设体系关键技术研究”、“面向智能电网的配电自动化新型实现体系研究”等多个科技项目的研究与开发，多次获得国家科技成果奖和省部级科技进步等奖。参与编写/修订Q/GDW 382《配电自动化技术导则》、Q／GDW\_513-2010《配电自动化主站系统功能规范》、Q／GDW\_514-2010《配电自动化终端子站功能规范》等重要标准的编写/修订。

**赵仰东**，男，1969年6月出生，研究员级高级工程师，**现任国电南瑞配电农电分公司总经理。**长期从事电力系统自动化、工业过程控制以及电力信息与通信等领域的技术研究和产业化工作，近期在配电自动化、分布式能源接入、电力系统信息化等方面重点开展研究，并在产品研发、工程实施及项目管理积累了丰富经验。主持或参与过多项重大科研项目，曾获得**国家科技进步二等奖、省部级科技进步一等奖和中国电力科学技术三等奖等奖项**。

**梅军，**男，1971年6月生，江苏南京人。博士，副教授，硕士生导师。主要从事变电站自动化、智能配网、柔直输电等方面的研究工作。主持承担国家高技术研究与发展计划（“863”计划）重大项目1项，江苏省工业科技支撑、江苏省产学研前瞻性联合研究等各类省部级科研项目5项，以及国家电网公司、南方电网公司等企业委托项目10余项。**在国内外核心期刊发表论文40余篇，其中SCI/EI收录近30篇**。获国家发明专利授权5件，实用新型专利授权2件。

**【科研骨干】**

**张明**，男，1976年8月出生，高级工程师，国网南京供电公司电力调度控制中心副主任，长期从事电力调度自动化及科技项目管理工作，江苏省电力公司自动化专家工作组成员，曾获江苏省技术能手、江苏省五一创新能手称号，参与公司科技项目“智能配用电的技术体系及仿真基础性问题研究”，主持或参与江苏省电力公司科技项目“地区调度系统综合数据平台研究和建设”、“电网潮流图智能生成模型技术研究与应用”、“配电自动化终端安全通信技术研究”、“配电自动化系统测试自动化关键技术研究”、“江苏电网调度自动化系统全省集中监控运行”等项目，获得国家电网公司科技进步一等奖1项、江苏省电力公司科技进步奖3项，发表论文5篇，发明专利3项，实用新型专利9项。

**史常凯**，男，高级工程师，中国电科院配电自动化研究室主任，**公司“智能配电网优化规划与高性能控制技术”科技攻关团队骨干成员**。主要从事配电自动化、配电网运行分析、运行控制等方面专业研究与开发工作。近年来，作为项目主要完成人承担过十余项国家及国网公司级科技项目，主要包括国家科技支撑计划项目“以电网低碳化为特征的智能电网综合示范工程”、国家863项目“智能配用电园区技术集成研究”，以及“配电自动化系统运行监管与试验检测平台关键技术研究与开发”、“智能配电网自愈控制关键技术研究”、“智能配用电的技术体系及仿真基础性问题研究”等多项国网公司配用电领域尤其是配电自动化技术方向的重大科技项目攻关，获多项科研成果、专利及奖励。在电力系统自动化、电网技术等EI核心期刊发表论文10余篇、参与编写专著3部、合作申请发明专利10余项，获国家能源科技进步一等奖1项，中国电工技术奖二等奖2项、三等奖1项，国网公司科技进步奖1项，中国电科院和省公司科技进步奖8项。

**嵇文路**，男，41岁，高级工程师，工学博士，国调调度自动化专家工作组成员，江苏公司配网调度自动化专家工作组组长。作为主要完成人参加国家863项目“智能配电网优化调度关键技术研究”、2项国家自然科学基金项目以及4项国家电网公司科技项目研究工作。获中国电力科学技术奖1项、国家电网公司科技进步奖2项、江苏省电力公司科技进步奖2项。授权专利8项，发表论文15篇，其中EI检索4篇。

**蔡月明，**男，1972年出生，高级工程师，硕士学历。中科院上海微系统研究所配电/农电分公司配电终端及开关设备产品部副经理，长期从事配网自动化、农村电网自动化及变电站自动化的技术研究、产品开发及科研管理工作。近年来，主要负责公司配电自动化终端、分界开关成套设备、智能配电台区设备等产品的技术开发工作。作为主要完成人参加了2项国家863项目、4项国家电网公司科技项目和多项省公司科研项目。参与制定、修订《配电自动化技术导则》、《配电自动化建设改造标准化设计技术规定》、《配电自动化终端子站功能规范》等多部规范。获得江苏省科技进步二等奖一项，南京市及国家电网公司科技进步三等奖多项。在国内外核心期刊发表论文10余篇，其中EI收录4篇。获国家发明专利授权6件，实用新型专利授权6件。

**高媛**，女，主要从事配电自动化、信息集成与互操作等方面的专业研究与开发工作，熟悉IEC61850、IEC161970、IEC61968技术标准。深度参与起草企业标准《配电自动化终端应用IEC61850技术规范》。作为项目主要完成人承担过多项国家及国网公司级科技项目，主要包括国家863项目“智能配用电园区技术集成研究”，“智能配用电的信息集成与互操作技术研究”、“提高用电营销管理与服务水平的智能用电技术研究”等多项国网公司配用电领域的重大科技项目攻关，获多项科研成果、专利及软件著作权。

**本项目研究人员60人，其中高级职称25人，人员情况及分工如下表所示：**

表6-1 人员情况及分工

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **姓名** | **年龄** | **职务/职称** | **专业** | **本项目**  **中分工** | **投入项目工作总月数** | **工作**  **单位** |
|  | 沈培锋 | 44 | 研究员级高工 | 电力系统及其自动化 | 项目负责人 | 6 | 江苏省电力公司 |
|  | 孙国城 | 52 | 教授级高工 | 电力系统及其自动化 | 项目负责人 | 3 | 南瑞集团公司 |
|  | 赵仰东 | 46 | 研究员级高工 | 电力系统及其自动化 | 课题3负责人 | 3 | 南瑞集团公司 |
|  | 张明 | 39 | 高工 | 电力系统及其自动化 | 课题1负责人 | 6 | 江苏省电力公司 |
|  | 史常凯 | 32 | 高工 | 电力系统及其自动化 | 课题1负责人 | 6 | 中国电科院 |
|  | 蔡月明 | 43 | 高工 | 电力系统及其自动化 | 课题2负责人 | 3 | 南瑞集团公司 |
|  | 嵇文路 | 41 | 高工 | 电力系统及其自动化 | 课题2负责人 | 6 | 江苏省电力公司 |
|  | 刘东 | 46 | 博导/教高 | 电力系统及其自动化 | 技术方案研究 | 6 | 上海交通大学 |
|  | 赵江河 | 57 | 高工 | 电力系统及其自动化 | 技术方案研究 | 3 | 中国电科院 |
|  | 梅军 | 44 | 硕导/副教授 | 电力系统及其自动化 | 技术方案研究 | 8 | 东南大学 |
|  | 高媛 | 30 | 工程师 | 控制理论与控制工程 | 技术方案研究 | 6 | 中国电科院 |
|  | 朱红 | 44 | 研究员级高工 | 电力系统及其自动化 | 技术指导 | 3 | 江苏省电力公司 |
|  | 吴琳 | 49 | 教授级高工 | 电力系统及其自动化 | 技术指导 | 3 | 南瑞集团公司 |
|  | 周捷 | 46 | 教授级高工 | 电力系统及其自动化 | 技术指导 | 3 | 南瑞集团公司 |
|  | 徐春雷 | 40 | 处长/高工 | 电力系统及其自动化 | 技术指导 | 3 | 江苏省电力公司 |
|  | 陈辉 | 41 | 处长/高工 | 电力系统及其自动化 | 技术指导 | 3 | 江苏省电力公司 |
|  | 王勇 | 41 | 主任/高工 | 电力系统及其自动化 | 技术指导 | 3 | 江苏省电力公司 |
|  | 王春宁 | 46 | 研究员级高工 | 电力系统及其自动化 | 项目协调 | 3 | 江苏省电力公司 |
|  | 郑建勇 | 46 | 博导/教授 | 电力系统及其自动化 | 技术指导 | 3 | 东南大学 |
|  | 吴竣恒 | 39 | 主任/高工 | 电力系统及其自动化 | 方案设计 | 6 | 江苏省电力公司 |
|  | 吴辉 | 35 | 高工 | 电力系统及其自动化 | 项目实施 | 6 | 江苏省电力公司 |
|  | 罗兴 | 31 | 工程师 | 电力系统及其自动化 | 试验平台搭建 | 8 | 江苏省电力公司 |
|  | 郭晏 | 31 | 工程师 | 电力系统及其自动化 | 项目实施 | 8 | 江苏省电力公司 |
|  | 陈建坤 | 33 | 工程师 | 电力系统及其自动化 | 项目实施 | 8 | 江苏省电力公司 |
|  | 毛小武 | 45 | 高工 | 电力系统及其自动化 | 项目实施 | 8 | 江苏省电力公司 |
|  | 葛夕武 | 35 | 高工 | 电力系统及其自动化 | 项目实施 | 8 | 江苏省电力公司 |
|  | 潘小辉 | 27 | 工程师 | 电力系统及其自动化 | 项目实施 | 8 | 江苏省电力公司 |
|  | 兰岚 | 27 | 工程师 | 电力系统及其自动化 | 项目实施 | 8 | 江苏省电力公司 |
|  | 韩韬 | 38 | 高工 | 电力系统及其自动化 | 项目研究 | 3 | 南瑞集团公司 |
|  | 张志华 | 29 | 工程师 | 电力系统及其自动化 | 项目研究 | 6 | 南瑞集团公司 |
|  | 刘明祥 | 33 | 工程师 | 电力系统及其自动化 | 项目研究 | 6 | 南瑞集团公司 |
|  | 武会超 | 37 | 工程师 | 电力系统及其自动化 | 软件设计开发 | 6 | 南瑞集团公司 |
|  | 周俊 | 30 | 工程师 | 电力系统及其自动化 | 装置研制 | 6 | 南瑞集团公司 |
|  | 王俊仁 | 27 | 工程师 | 电力系统及其自动化 | 项目研究 | 6 | 南瑞集团公司 |
|  | 封士永 | 27 | 工程师 | 电力系统及其自动化 | 项目研究 | 6 | 南瑞集团公司 |
|  | 王文轩 | 27 | 工程师 | 电力系统及其自动化 | 软件设计开发 | 6 | 南瑞集团公司 |
|  | 吕鹏 | 27 | 工程师 | 电力系统及其自动化 | 装置研制 | 6 | 南瑞集团公司 |
|  | 尚健 | 31 | 工程师 | 电力系统及其自动化 | 项目研究 | 6 | 南瑞集团公司 |
|  | 孙淑云 | 33 | 工程师 | 电力系统及其自动化 | 测试 | 3 | 南瑞集团公司 |
|  | 纪平 | 33 | 工程师 | 电力系统及其自动化 | 测试 | 3 | 南瑞集团公司 |
|  | 刘润苗 | 29 | 助理工程师 | 电力系统及其自动化 | 测试 | 3 | 南瑞集团公司 |
|  | 李二霞 | 31 | 工程师 | 电力系统及其自动化 | 关键技术研究 | 4 | 中国电科院 |
|  | 张波 | 31 | 工程师 | 控制理论与控制工程 | 关键技术研究 | 4 | 中国电科院 |
|  | 周勐 | 28 | 工程师 | 电力系统及其自动化 | 关键技术研究 | 4 | 中国电科院 |
|  | 李玉凌 | 30 | 工程师 | 电力系统及其自动化 | 关键技术研究 | 4 | 中国电科院 |
|  | 许保平 | 40 | 工程师 | 电力系统及其自动化 | 关键技术研究 | 4 | 中国电科院 |
|  | 常方圆 | 26 | 工程师 | 电力系统及其自动化 | 关键技术研究 | 4 | 中国电科院 |
|  | 黄玉辉 | 33 | 博士后 | 电力系统及其自动化 | 理论研究 | 8 | 上海交通大学 |
|  | 翁嘉明 | 29 | 博士 | 电力系统及其自动化 | 理论研究 | 8 | 上海交通大学 |
|  | 张虹 | 24 | 硕士 | 电力系统及其自动化 | 理论研究 | 8 | 上海交通大学 |
|  | 安宇 | 25 | 博士 | 电力系统及其自动化 | 理论研究 | 8 | 上海交通大学 |
|  | 凌万水 | 40 | 博士/高工 | 电力系统及其自动化 | 方案设计 | 6 | 上海交通大学 |
|  | 温彦军 | 38 | 硕士 | 计算机及应用 | 方案设计 | 6 | 上海交通大学 |
|  | 谢婧 | 24 | 硕士 | 电力系统及其自动化 | 模型设计 | 8 | 上海交通大学 |
|  | 喻洁 | 40 | 讲师 | 电力系统及其自动化 | 系统研究 | 5 | 东南大学 |
|  | 缪惠宇 | 23 | 博士 | 电力系统及其自动化 | 理论研究 | 8 | 东南大学 |
|  | 徐迅 | 24 | 硕士 | 电力系统及其自动化 | 理论研究 | 8 | 东南大学 |
|  | 应俊 | 24 | 硕士 | 电力系统及其自动化 | 理论研究 | 8 | 东南大学 |
|  | 钱超 | 25 | 硕士 | 计算机及应用 | 理论研究 | 8 | 东南大学 |
|  | 王创 | 24 | 硕士 | 电力系统及其自动化 | 模型设计 | 8 | 东南大学 |

**6.3 实验室条件**

项目研究团队具有雄厚的实验室条件，其中国家级重点实验室4个，国家级实验室4个，省部级重点实验室3个，国网公司实验室3个，明细参见表6-2。

表6-2 项目团队综合试验与仿真条件

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **项目类别** | **实验室名称** |
| 1 | 国家级重点实验室 | 电网安全与节能国家重点实验室 |
| 2 | 国家级重点实验室 | 能源电力系统国家重点实验室 |
| 3 | 国家级重点实验室 | 新能源与储能运行控制国家重点实验室 |
| 4 | 国家级重点实验室 | 电网环境保护国家重点实验室 |
| 5 | 国家级实验室 | 电力系统仿真国家工程实验室 |
| 6 | 国家级实验室 | 动态模拟实验室 |
| 7 | 国家级实验室 | 设备状态检测实验室 |
| 8 | 国家级实验室 | 电力工业电力设备及仪表质量检验测试中心 |
| 9 | 国网公司重点实验室 | 电力系统规划与运行仿真实验室 |
| 10 | 国网公司重点实验室 | 智能变电站检测实验室 |
| 11 | 省部级重点实验室 | 电力传输与功率变换控制教育部重点实验室 |
| 12 | 国网公司实验室 | 电力系统安全稳定分析与控制实验室 |
| 13 | 国网公司实验室 | 自动化设备电磁兼容实验室 |
| 14 | 国网公司实验室 | 分布式电源与微网技术实验室 |

（1）**江苏省电力公司**目前具有智能变电站检测国家电网公司重点实验室，智能配电网实验室、新能源及微网实验室、电能质量实验室和实时数字仿真实验室等，具有较强的实验分析能力，可以为本项目研究提供很好的实验环境。

（2）**中科院上海微系统研究所**。

（3）**清华大学深圳国际研究生院**。

**6.4 理论研究环境**

（1）**江苏省电力公司**科技创新体系完善、科技创新能力强。“十一五”以来，江苏公司在大电网安全稳定、无功电压优化控制、输配电压序列优化等三方面技术实现了突破，在新能源发电及接入、电网智能化支撑、电能质量监测与控制等三方面研究取得了较大进展，为公司在大规模风电接入、分布式发电与微网、特高压电网、电网智能化、大电网调控运行等方面取得技术突破打下了良好的技术基础。2013年，江苏公司共获得国家科技进步奖1项，省部级科技进步奖28项。江苏公司有1个国网公司重点实验室，2个国网公司实验室，1个国网公司科技攻关团队；拥有有效专利2000余件，公司科研创新能力及科研成果水平均处于较高水准。

江苏省电力公司南京供电公司在地区电网调度、智能配用电技术研究和实践方面，长期跟踪调研国内外技术发展动向，及时、全面总结电网调度、智能配用电、配电自动化等方面已取得的理论研究和生产实践的成功经验和成果，为电网调度和运行管理技术体系的建立打下了较坚实的基础。其中“OPEN-3200配电网自动化管理系统”、“城市配电网智能化运行控制与管理关键技术研究、核心装备研发及示范应用”、“智能配电网优化调度模式研究、关键设备研制及应用”、“智能配电网运行控制和建设体系关键技术研究”等项成果先后获得中国电力科学技术奖和国家电网公司科技进步奖。**南京供电公司在地区电网调度运行控制技术方面居国内领先水平。2014年牵头完成国家863课题“智能配电网优化调度关键技术研究”，**目前参与“柔性直流输电在城市供电中的研究与应用”、“基于先进能效管理的智能微电网关键技术研究与示范”三项国家863课题研究，熟悉重大科技项目运作及管理流程，具有雄厚的技术力量和较高的技术水平，能够保证项目的圆满完成。

（2）**中科院上海微系统研究所**

。

（3）**清华大学深圳国际研究生院**

。

表6-3：项目申报单位主要参与者承担的部分科研项目

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **项目类别** | **项目名称** | **承担或参与单位** |
| 1 | 863  项目 | 智能配电网优化调度关键技术研究 | 江苏省电力公司、南京南瑞集团、东南大学 |
| 2 | 智能配用电园区技术集成研究 | 中国电科院、南京南瑞集团 |
| 3 | 基于先进能效管理的智能微电网关键技术研究与示范 | 中科院上海微系统研究所等 |
| 4 | 智能配用电大数据应用关键技术 | 中科院上海微系统研究所等 |
| 5 | 配电网信息物理系统关键技术研究与示范 | 中科院上海微系统研究所等 |
| 6 | 智能配用电信息通信支撑技术研究 | 中科院上海微系统研究所等 |
| 7 | 集成可再生能源的主动配电网研究及示范 | 上海交通大学 |
| 8 | 电网海量信息处理、存储与应用技术研究 | 上海交通大学 |
| 9 | 孤岛型智能微网关键技术研究与示范 | 东南大学 |
| 10 | 电动汽车充放电及与电网互动关键技术 | 东南大学 |
| 11 | 基于风电出力耦合相关性及动态稳定性的电力系统无功补偿配置研究 | 东南大学 |
| 12 | 柔性配置需求响应参与大规模风电消纳的调度模型及机制研究 | 东南大学 |
| 13 | 大规模风电接入的输电系统自愈规划研究 | 上海交通大学 |
| 14 | 网格计算在大规模电力系统中的应用 | 上海交通大学 |
| 15 | 含多微电网的配电网分层分布式协调控制研究 | 东南大学 |
| 16 | 基于源荷储分散式协同的自治电力系统紧急控制研究 | 东南大学 |
| 17 | 国家科技支撑计划项目 | 以多环节综合互动为特征的智能电网综合示范工程应用技术研究 | 中科院上海微系统研究所 |
| 18 | 以大规模可再生能源利用为特征的智能电网综合示范工程 | 上海交通大学 |
| 19 | 国家电网公司科技项目 | 基于供电可靠性的配电网规划研究 | 江苏省电力公司 |
| 20 | 基于IEC61850标准的智能配电网关键技术研究 | 清华大学深圳国际研究生院 |
| 21 | 基于可靠性经济性的配电网络接线模式研究 | 江苏省电力公司 |
| 22 | 智能配用电的信息集成与互操作技术研究 | 中国电科院、南瑞等 |
| 23 | 智能配电终端标准化体系架构及运维研究 | 中科院上海微系统研究所等 |
| 24 | 大型城市电网高可靠供电模式与故障应对关键技术研究 | 中科院上海微系统研究所等 |
| 25 | 配电自动化系统精益化运维关键技术研究与开发 | 中科院上海微系统研究所等 |
| 26 | 配电自动化技术标准与工程应用关键技术研究 | 中科院上海微系统研究所等 |
| 27 | 智能电网全景网络拓扑平台框架研究 | 中科院上海微系统研究所等 |
| 28 | 智能配电网建模与分析理论方法研究 | 中国电科院、南瑞等 |
| 29 | 智能配电网信息交换关键技术研究与开发 | 中国电科院、南瑞等 |
| 30 | 智能配电网自愈控制技术研究与开发 | 中国电科院、南瑞等 |
| 31 | 电能质量高级分析关键技术研究及应用 | 中科院上海微系统研究所等 |
| 32 | 配电生产检修管理关键支撑技术研究与开发 | 中科院上海微系统研究所等 |
| 33 | 提高配电网故障处理能力的关键技术研究 | 中科院上海微系统研究所等 |
| 34 | 大规模复杂智能配电系统建模与信息融合关键技术研究 | 上海交通大学 |
| 35 | 提高配电网故障处理能力的关键技术研究与开发 | 上海交通大学 |
| 36 | 智能电网全景网络拓扑平台统一模型规范研究 | 上海交通大学 |
| 37 | 配电生产检修管理关键支撑技术研究与开发 | 上海交通大学 |
| 38 | 智能配电网统一模型云及应用服务关键技术研究 | 上海交通大学 |
| 39 | 中央财政补贴项目 | 分布式新能源并网控制及调度运行关键技术与系统研发项目 | 中科院上海微系统研究所 |

项目承担单位中科院上海微系统研究所主要承担及参与了**南京、杭州、成都、上海、银川、天津、石家庄、太原、扬州、苏州、南通、宁波、温州等国家电网公司数十个大型配电自动化试点项目**及其他配电自动化建设项目的配电自动化主站及配电自动化终端的建设实施工作，主要如表6-4所示：

表6-4项目团队完成和承担的国家、国网主要重大工程项目

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **项目来源** | **项目名称** |
| 1 | 配电自动化建设工程 | 第一批配电自动化试点工程项目——杭州、银川等 |
| 2 | 配电自动化建设工程 | 第二批配电自动化试点工程项目——南京、成都、石家庄、长沙、太原、青岛、兰州等 |
| 3 | 配电自动化建设工程 | 扬州配电自动化示范工程 |
| 4 | 配电自动化建设工程 | 苏州配电自动化建设工程 |
| 5 | 配电自动化建设工程 | 温州配电自动化建设工程 |
| 6 | 配电自动化建设工程 | 上海世博园配电自动化建设工程 |
| 7 | 配电自动化建设工程 | 天津生态城配电自动化示范工程 |
| 8 | 智能配电网综合示范工程 | 智能配电网综合示范工程项目——杭州青山湖 |
| 9 | 重点城市配电网建设改造与管理提升工程 | 重点城市配电网建设改造与管理提升工程——重庆推广项目 |
| 10 | 厦门供电局项目 | 基于分布式智能的故障自愈项目 |

**在智能配电网技术领域**，项目承担单位江苏省电力公司、中科院上海微系统研究所、清华大学深圳国际研究生院、上海交通大学和东南大学相关研究团队**承担各等级标准编制工作，**主要见表6-5所示。研究项目也**多次获得国家科技进步奖、国家电网公司科学技术进步奖、国家电网公司专利奖、电力建设科学技术进步奖、中国电力科学技术奖及国家能源科技进步奖**等多项奖励，主要如表6-6所示：

表6-5项目团队编制的主要标准

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **项目类别** | **标准名称** |
| 1 | 行业标准DL | DL/T860 变电站通信网络及系统 |
| 2 | 行业标准DL | DL/1080 电力企业应用集成配电管理系统接口 |
| 3 | 行业标准DL | DL/T721配电网自动化系统远方终端 |
| 4 | 行业标准DL | DL/T110135kV~110kV变电站自动化系统验收规范 |
| 5 | 国网企业标准 | 配电自动化终端应用IEC61850技术规范 |
| 6 | 国网企业标准 | Q/GDW514配电自动化终端/子站功能规范 |
| 7 | 国网企业标准 | Q/GDW626配电自动化系统运行维护管理规范 |
| 8 | 国网企业标准 | Q/GDW436配电线路故障指示器技术规范 |
| 9 | 国网企业标准 | Q/GDW381配电自动化技术导则 |
| 10 | 国网企业标准 | Q/GDW370城市配电网技术导则 |
| 11 | 国网企业标准 | Q/GDW567配电自动化系统验收技术规范 |
| 12 | 国网企业标准 | Q/GDW519配电网运行管理规程 |
| 13 | 国网企业标准 | Q/GDW513配电自动化主站系统功能规范 |
| 14 | 国网企业标准 | Q/GDW1738配电网规划设计技术导则 |
| 15 | 国网企业标准 | Q/GDW639配电自动化终端设备检测规程 |
| 16 | 国网企业标准 | 配电自动化信息交互技术标准（总则） |
| 17 | 国网企业标准 | 配电信息交换总线功能规范 |
| 18 | 国网企业标准 | 配电自动化信息一致性测试技术规范 |
| 19 | 国网企业标准 | 配电自动化终端技术规范 |
| 20 | 国网企业标准 | 配电自动化主站检测及功能测试规范 |
| 21 | 国网企业标准 | 配电自动化终端测试与检验技术规范 |
| 22 | 国网企业标准 | 配电自动化无线通信模块（无线公网）技术规范 |

表6-6项目团队主要获奖情况

综上所述，项目申报单位江苏省电力公司与研究实力雄厚的中科院上海微系统所、清华大学深圳国际研究生院合作，组成一个典型**产、学、研、用结合的复合型研究团队**，拥有国内在智能配电网技术研究领域非常强的研究基础和先进的实验平台。同时，项目团队已经开展一系列配电自动化相关项目的研究及示范工程建设，这些经验为本项目的顺利实施和高质量的成果打下了坚实的理论基础和技术支撑。

1. **项目的进度安排**

表7-1 项目进度安排

| 序号 | 时间段 | 内 容 |
| --- | --- | --- |
|  | 2016.1-2016.3 | （1）项目调研、收集资料：对课题涉及的智能分布式FA及配电自动化终端即插即用技术发展、关键理论、技术展开调研、深入研究，了解国内外技术发展现状及技术发展趋势，编制调研报告；  （2）编制课题总体实施方案，确定总体研究框架，指导课题的总体研究和开发。  **阶段性考核：**  （1）形成调研报告；  （2）形成项目实施总体方案。 |
|  | 2016.4-2016.6 | （1）研究基于IEC61850的配电自动化终端建模方法及模型描述方法；  （2）研究智能分布式FA的故障的定位、隔离和供电恢复方法;  **阶段性考核：**  （1）提出配电自动化终端设备建模方法；  （2）申请发明专利1项。 |
|  | 2016.7-2016.9 | （1）研究配电线路拓扑自组网技术及拓扑变化的感知方法与分析算法。  （2）研究具备智能分布式FA 的算法及其在配电终端实现技术。  **阶段性考核：**  （1）申请发明专利1项；  （2）发表论文1篇。 |
|  | 2016.10-2016.12 | （1）研究基于IEC61850 标准的配电终端自动识别、即插即用和远程维护技术；  （2）研究智能分布式FA 与配电主站的交互机理，提出智能分布式FA 与主站的交互机理和运维模式。  **阶段性考核：**  （1）形成支持自描述、自动识别、即插即用功能等的配电终端设计方案；形成具备智能分布式FA功能的配电终端设计方案。  （2）申请发明专利1项；  （3）发表论文1篇。 |
|  | 2017.1-2017.3 | （1）实现配电自动化终端的自描述功能；  （2）研究基于组态技术的配电终端灵活配置方法。  （3）研究IEC 61850标准与IEC 61968标准模型映射转换方法；  **阶段性考核：**  （1）提出IEC 61850与IEC61968模型映射方法、形成软件设计方案；  （2）申请发明专利1项；  （3）发表论文2篇。 |
|  | 2017.4-2017.6 | （1）研究具备配电线路拓扑自组网能力的配电自动化终端实现技术；  （2）研究基于主站的智能分布式FA 运维技术；  （3）研制具备自动识别、即插即用及智能分布式FA功能的智能配电终端；  （4）研发基于组态技术的配电自动化终端配置工具。  **阶段性考核：**  （1）《基于自描述的配电终端即插即用技术研究报告》；  （2）《智能分布式FA与主站交互技术研究报告》；  （3）研发出基于组态技术的配电自动化终端配置工具；  （4）研发出IEC 61850标准与IEC 61968标准模型映射转换模块；  （5）智能配电自动化终端样机；  （6）申请发明专利1项，实用新型专利1项；  （7）发表论文2篇。 |
|  | 2017.7-2017.9 | （1）完成《配电网分布式FA 技术规范》的编写；  （2）完成样机的调试及测试，并在江苏省电力公司范围内开展示范应用。  **阶段性考核：**  （1）《配电网分布式FA 技术规范》；  （2）《基于智能分布式FA的配电线路自组网技术研究报告》；  （3）《智能分布式FA的工程应用体系架构》；  （4）申请发明专利1项，实用新型专利2项。 |
|  | 2017.10-2017.12 | （1）准备项目验收材料，对各类软件、装置、论文、专利、报告进行完善。  **阶段性考核：**  （1）提交项目验收系列支撑材料。 |

1. **项目经费预算**

**8.1 项目经费预算总表**

**单位：万元**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **科目名称** | **预算金额** | **甲方拨款** | **乙方自筹** | **备注** |
| **（一）直接费** | 300 | 300 |  |  |
| 1.人工费 | 145 | 145 |  |  |
| (1)专职研究人员费 | 124 | 124 |  |  |
| (2)临时性研究人员费 | 21 | 21 |  |  |
| 2.设备使用费 | 0 | 0 |  |  |
| (1)现有仪器设备使用费 | 0 | 0 |  | 附件1 |
| (2)现有软件使用费 | 0 | 0 |  |  |
| 3.业务费 | 145 | 145 |  |  |
| (1)材料费 | 50 | 50 |  | 附件2 |
| (2)资料费 | 4.5 | 4.5 |  |  |
| (3)印刷出版费 | 3 | 3 |  |  |
| (4)专利与知识产权事务费 | 7.5 | 7.5 |  |  |
| (5)会议费 | 17 | 17 |  |  |
| (6)差旅费 | 63 | 63 |  |  |
| (7)培训费 | 0 | 0 |  |  |
| 4.场地使用费 | 4 | 4 |  |  |
| (1)场地物业费 | 4 | 4 |  |  |
| (2)场地使用租金 | 0 | 0 |  |  |
| 5.专家咨询费 | 6 | 6 |  |  |
| **（二）间接费** | 35 | 35 |  |  |
| **（三）外委支出** | 24 | 24 |  |  |
| 1.外委研究支出 | 0 | 0 |  | 附件3 |
| 2.仪器设备租赁费 | 0 | 0 |  |  |
| 3.外协测试试验与加工费 | 24 | 24 |  | 附件4 |
| **（四）税金** | 24 | 24 |  |  |
| **合计** | 150 | 150 |  |  |

**8.2 各单位经费分配表**

**单位：万元**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **预算科目** | **预算总额** | **江苏省电力公司** | **中科院上海微系统研究所** | **清华大学深圳国际研究生院** |
| **（一）直接费** | 300 | 7 | 136 | 53 |
| 1.人工费 | 145 | 0 | 62 | 36 |
| (1)专职研究人员人工费 | 124 | 0 | 62 | 26 |
| (2)临时性研究人员人工费 | 21 | 0 | 0 | 10 |
| 2.设备费 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (1) 仪器、设备使用费 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (2) 软件使用费 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.业务费 | 145 | 7 | 70 | 13 |
| (1)材料费 | 50 | 0 | 30 | 0 |
| (2)资料费 | 4.5 | 1 | 1 | 0 |
| (3)印刷出版费 | 3 | 0 | 1 | 0 |
| (4)知识产权费 | 7.5 | 1 | 2 | 2 |
| (5)会议费 | 17 | 3 | 6 | 2 |
| (6)差旅费 | 63 | 2 | 30 | 9 |
| (7)培训费 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.场地使用费 | 4 | 0 | 0 | 4 |
| (1)场地物业费 | 4 | 0 | 0 | 4 |
| (2)场地租金 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5.专家咨询费 | 6 | 0 | 4 | 0 |
| **（二）间接费** | 35 | 2 | 8 | 14 |
| **（三）外委支出费** | 24 | 0 | 24 | 0 |
| 1.外委研究支出费 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.仪器设备租赁费 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.外协测试试验与加工费 | 24 | 0 | 24 | 0 |
| **（四）税金** | 24 | 0 | 11 | 5 |
| **合计** | 150 | 9 | 179 | 72 |

1. **申请单位领导审查意见**

|  |
| --- |
| 该项目必要性强，研究内容明确，技术路线正确，经费预算合理，实施方案可行，人员安排到位，项目计划进度合理，能够按时高质量达到预期目标。  经审查，同意项目申报！ |
| 单位领导（签字）单位（公章）年月日 |